

оборудования различной установленной мощности, снижение удельных отопительных характеристик производственных зданий, АСКУЭ и т.д.

ДОСТОВЕРИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ КАК ЗАДАЧА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Кочнева Е.С., Паздерин А.В.

УрФУ, et-85@mail.ru

В настоящее время в России задача энергоэффективности и энергосбережения чрезвычайно актуальна как на государственном уровне, так и для предприятий любой отрасли. Полная, достоверная и своевременная информация об энергопотреблении – это то, без чего невозможно заниматься задачами энергосбережения. Системы учета электроэнергии, внедряемые повсеместно, являются поставщиками измерительной информации. Важность налагаемых задач выдвигает требования к точности и к достоверности этих данных.

Измерения электроэнергии содержат ошибки. В общем виде измерение ЭЭ можно представить в виде суммы истинного, но неизвестного значения измеряемой величины $W_i^{ист}$, систематической составляющей погрешности δ_{Wi} и случайной ошибки σ_{Wi} , которая имеет нулевое математическое ожидание и ненулевую дисперсию:

$$W_i^{изм} = W_i^{ист} + \delta_{Wi} + \sigma_{Wi}. \quad (1)$$

В практике эксплуатации энергосистем относительную погрешность ИКЭ определяют по формуле:

$$\delta_W = \pm 1,1 \sqrt{\delta_I^2 + \delta_U^2 + \delta_{CO}^2 + \delta_L^2}. \quad (2)$$

Реальная погрешность измерения ЭЭ может превышать допустимые границы, определяемые (2). В процессе функционирования объекта может возникнуть повреждение любого устройства, входящего в ИКЭ. Такие повреждения обычно сопровождаются ошибками измерений, имеющими систематический (устойчивый во времени) характер. Уровень такой ошибки может достигать десятков процентов. В теории оценивания состояния данные ошибки принято называть грубыми (плохими данными). Выявление и устранение грубых ошибок измерений должно производиться как можно более быстро, так как финансовые потери отдельных участников энергообмена могут быть очень велики.

Существует несколько принципиальных способов контроля точности и достоверности измерительной информации систем учета ЭЭ.

Метрологический контроль и надзор за средствами учета электроэнергии осуществляется органами Госстандарта России, метрологическими службами предприятий энергетики и РАО «ЕЭС России». В течение межповерочного интервала могут возникнуть повреждения любого звена измерительной системы, что может привести к увеличению погрешности измерения ЭЭ и, что очень опасно, к возникновению грубых ошибок. По этой причине не ослабевает внимание к разработке более доступных и менее дорогостоящих методов контроля

точности и достоверности информации от систем учета ЭЭ, которыми можно пользоваться с большей частотой в течение межповерочного интервала, осуществляя тем самым мониторинг метрологического состояния систем учета.

Дублирование комплексов учета является самым эффективным, но и самым дорогим способом достоверизации информационно-измерительной информации. Во всех точках коммерческого учета электроэнергии устанавливаются по два измерительных комплекса учета ЭЭ. Показания основного и контрольного ИКЭЭ сопоставляются в алгоритме АСКУЭ. Следует дополнительно отметить, что для основного и контрольного ИКЭЭ используются разные обмотки измерительных трансформаторов тока и напряжения.

Следующим можно перечислить *инженерный подход* к достоверизации данных. Достоверизация измерительной информации осуществляется в рамках алгоритма АСКУЭ в автоматическом режиме. Для каждого счетчика ЭЭ на этапе конфигурирования алгоритма верификации может быть выбрано сразу несколько критериев достоверности, которые будут использоваться для его проверки на часовых или на суточных интервалах времени. Критерии могут быть различными, например: показания счетчика за сутки по сравнению с почасовой суммой (разница по энергии), разница времени между часами АСКУЭ и счетчика, перезагрузка счетчика и другие. На основе совокупности выбранных критериев для отдельных счетчиков или для измерительных каналов производится проверка достоверности.

Аналитические методы контроля достоверности измерительной информации от систем учета электроэнергии являются наименее затратными. Они основаны на обработке измерений электроэнергии математическими методами.

Суть *балансового метода* заключается в сравнении значений фактического и допустимого небаланса электроэнергии для произвольного фрагмента электрической сети. Фактический небаланс электроэнергии вычисляется на основании показаний приборов учета как разность между поступившим на объект объемом электроэнергии и объемом электроэнергии, отпущенным с энергообъекта. Фактический небаланс электроэнергии определяется на основании данных от систем учета электроэнергии с месячной периодичностью. В случае, когда фактический небаланс электроэнергии не превышает допустимый небаланс, учет электроэнергии может быть признан достоверным.

Для достоверизации данных АСКУЭ могут использоваться *методы теории оценивания состояния*. В рамках теории оценивания состояния разработаны математические методы, позволяющие обнаружить факт наличия измерений с грубыми ошибками, выявить такие измерения и устранить их влияние на точность математической модели, описывающей объект. Методы обнаружения некорректных измерений можно разделить на три группы. Такое деление связано с местом данных алгоритмов по отношению к задаче оценки состояния.

К первой группе относятся *методы априорного анализа*, использующие топологические свойства уравнений состояния. Данные методы применяются до начала решения задачи оценки состояния и обычно позволяют разделить все измерения на «плохие», «хорошие», «подозрительные» и «непроверяемые». К этой группе методов относится достоверизация измерительной информации на

основе контрольных уравнений. Данный подход обладает более сильными свойствами по сравнению с типовой методикой сравнения фактических и допустимых небалансов электроэнергии. Это объясняется большим разнообразием в формировании вариантов контрольных уравнений и строгой формализованностью процедуры их получения. Основой метода является факт малой связности уравнений состояния, то есть измеренный параметр явно зависит лишь от небольшой части параметров режима.

Вторую группу образуют *методы поиска «плохих» данных*, используемые непосредственно в ходе решения задачи ОС. При этом квадратичная целевая функция задачи оценки состояния – взвешенная сумма квадратов ошибок измерений модифицируется так, чтобы снижалась чувствительность к большим ошибкам измерений. Данные методы коротко можно охарактеризовать как неквадратичные критерии.

Третья группа методов основана на анализе остатков оценивания, то есть разницы между измеренными и расчетными значениями измерений. Алгоритмы такого *апостериорного анализа* обладают достаточно высокой силой по выявлению плохих данных, но, как правило, требуют многократных повторных решений задачи, что существенно влияет на время решения. Существует ряд примеров, когда алгоритм апостериорного анализа выявляет плохие данные, неразличимые алгоритмом априорного анализа. Суммируя, апостериорный анализ, хотя и является более трудоемким, обладает более сильной разрешающей способностью.

Достоверизация полученных измерений является важным аспектом задачи энергосбережения.

Для контроля достоверности измерительной информации от систем учета ЭЭ недостаточно одних метрологических методов. Наименее затратными являются методы достоверизации, использующие математические подходы. Информационная избыточность систем учета электроэнергии является обязательным требованием контроля достоверности измерительной информации.

Методы выявления «плохих» данных, разработанные в теории оценки состояния, являются наиболее эффективными методами достоверизации информации, полученной от систем учета электроэнергии.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИКРОГАЗОТУРБИННЫХ И ГАЗОПОРШНЕВЫХ УСТАНОВОК ПРИ РАБОТЕ В КОГЕНЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

*Крупин Д.Ф., Суворов Д.М.
Вятский государственный университет, г. Киров
e-mail: dmilar@mail.ru*

С развитием промышленности в России растет потребность в подключении новых мощностей. Широкое применение для решения данной задачи получают в последние годы когенерационные локальные системы энергоснабжения. Это связано, прежде всего, со сниженной себестоимостью получения тепла и